

Vaimennus – Guide général

(Documentation de l'application iPhone/iPad/Android)

Version 1.005

28. huhtikuuta 2025



Historique des modifications

Date	Version	Modification
27.4.2025	1.005	Le texte sur le principe de fonctionnement a été mis à jour.
10.3.2025	1.004	Des images et leurs légendes associées ont été supprimées
8.3.2025	1.003	Légendes des images mises à jour
7.3.2025	1.002	Petites modifications de la mise en page des images
6.3.2025	1.001	Ajout du processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir
28.2.2025	1.0	Première publication

Table des matières

Sisällys

Historique des modifications	2
Table des matières	3
1 Explication des termes	4
1.1 <i>Tärinä, värinä, värähtely, mikrovärähtely</i> :	4
1.1.1 Termes décrivant l'amplitude de la vibration	4
1.1.2 Gestion des vibrations	4
2 Problèmes causés par la vibration dans l'audio	5
3 Introduction à l'amortissement par réservoir de billes	7
4 Principes théoriques	8
5 Principe de fonctionnement	8
6 Impact des amortisseurs à billes sur l'équipement	10
6.1 <i>Résultats de mesure</i>	10
7 Matériaux et accessoires	12
8 Choix des billes	12
9 Fabrication des amortisseurs	13
9.1 <i>Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir</i>	17
10 Installation et applications d'utilisation des amortisseurs	19
10.1 <i>Appareils légers</i>	20
11 Test de l'efficacité	21
11.1 <i>Logiciel REW</i>	21
11.1.1 Measurement Info: SNR (Signal-to-Noise Ratio)	22
11.1.2 Measurement Info: SDR (Signal-to-Distortion Ratio)	22
11.1.3 Clarity: C80 (Music Clarity Index)	22
11.2 <i>Interprétation des résultats de Vibration meter</i>	22
12 Témoignages d'utilisateurs	23

1 Explication des termes

1.1 Tärinä, värinä, värähtely, mikrovärähtely :

1.1.1 Termes décrivant l'amplitude de la vibration

- **Distorsion (distortion) :**
Tout ce qui modifie le signal d'origine, hormis son amplitude.
- **Bruit (noise) :**
Énergie électrique ou électromagnétique supplémentaire et irrégulière, indésirable, qui dégrade la qualité du signal et des données transportées.
- **Distorsion harmonique :**
Sons non souhaités qui apparaissent lorsque la vibration ajoute des fréquences supplémentaires au signal.
- **Microphonie :**
Phénomène par lequel certaines composantes convertissent la vibration en signal audio.
- **Résonance :**
Vibration à une fréquence spécifique, amplifiée à cause de la fréquence de résonance propre.
- **Condensateur « chantant » :**
L'une des causes d'une mauvaise qualité sonore est un « condensateur chantant ». Le condensateur se met à « chanter » lorsque le courant de ripple du signal d'entrée fait vibrer le condensateur via un effet piézoélectrique. Le bruit acoustique ne provient pas directement du condensateur vibrant, mais indirectement du fait qu'il fait vibrer le circuit imprimé (PCB).

1.1.2 Gestion des vibrations

Dans la reproduction sonore, l'isolation, le découplage, le couplage, l'amortissement et la dissipation agissent chacun à sa manière, mais restent liés dans la maîtrise des vibrations et l'optimisation de la qualité sonore. Ci-dessous, comment chaque méthode fonctionne et quels en sont les mécanismes clés :

- **Isolation :**
Réduit la transmission de vibrations externes vers l'appareil. Matériaux mous et élastiques, ex. caoutchouc-liège, silicone, sorbothane. Ex. billes d'acier dans un sac ou un boîtier dont le fond est en ces matériaux.
- **Découplage (decoupling) :**
Rompt le trajet de la vibration dans la direction non souhaitée. Matériaux ou structures qui séparent les composants et réduisent le transfert d'énergie. Ex. billes d'acier dans un sac ou un boîtier, plus feutre au fond.

- **Couplage (coupling) :**
Transfère l'énergie. Le couplage à la surface réduit la résonance interne de l'appareil en dirigeant la vibration vers l'amortissement et la dissipation. Ex. sac de billes d'acier directement contre la face inférieure de l'appareil, sans les pieds d'origine.
- **Amortissement (damping) :**
Absorbe et réduit les résonances. Matériaux qui captent particulièrement l'énergie aux fréquences de résonance et empêchent l'amplification de la vibration. Ex. billes d'acier dans un sac ou un boîtier.
- **Dissipation :**
Disperse et convertit l'énergie vibratoire. Matériaux et granulats, par ex. billes, qui absorbent l'énergie en la convertissant en chaleur et en la répartissant sur une zone plus large. Ex. billes d'acier dans un sac ou un boîtier.

2 Problèmes causés par la vibration dans l'audio

Les vibrations peuvent engendrer de nombreux problèmes dans les équipements audio, dégradant la qualité sonore et perturbant leur fonctionnement. Voici les principaux problèmes :

1. Distorsion harmonique (Distortion)

Problème :

La vibration peut produire des harmoniques supplémentaires qui ne font pas partie du son d'origine. Par exemple, la résonance du coffret d'une enceinte peut ajouter des fréquences indésirables.

Impact :

Le son apparaît flou, peu précis et « saturé ». La distorsion harmonique peut affecter particulièrement les basses fréquences, où se produisent souvent les vibrations.

2. Bruit (Noise)

Problème :

Les vibrations mécaniques peuvent provoquer un bruit à basse fréquence, masquant le signal audio d'origine. Par exemple, dans une platine vinyle, la vibration peut atteindre le sillon via le bras/diamant et produire un bourdonnement ou d'autres perturbations basses fréquences.

Impact :

Le bruit peut gâcher l'expérience d'écoute, surtout dans les passages musicaux calmes.

3. Résonances

Problème :

Les coffrets d'équipements audio, étagères ou supports peuvent entrer en résonance à certaines fréquences, amplifiant les sons indésirables. Les enceintes peuvent transmettre des vibrations au sol ou aux murs, ce qui génère des résonances dans la pièce.

Les vibrations du coffret d'enceinte peuvent colorer le son et affecter la pureté de la restitution.

Impact :

Les basses peuvent devenir inégales ou exagérées. L'ensemble de la réponse en fréquence peut être altérée.

4. **Perturbations des composants électroniques**

Problème :

Les vibrations peuvent affecter les composants internes (condensateurs, bobines, circuit imprimé). Cela peut causer de l'instabilité, par exemple de la saturation ou des coupures sonores.

Impact :

Le fonctionnement de l'appareil se dégrade, et le son peut présenter des claquements ou d'autres perturbations.

5. **Dégradation du signal dans les platines vinyles**

Problème :

La vibration peut perturber le suivi de la pointe sur le sillon, ce qui augmente la distorsion et le bruit.

Impact :

Le son peut sembler déformé et inclure des bruits supplémentaires, comme un bourdonnement ou des vibrations parasites.

6. **Imprécision des haut-parleurs**

Problème :

Les vibrations peuvent se transmettre aux transducteurs de l'enceinte, ce qui gêne leurs mouvements et dégrade la restitution sonore. Les transducteurs devraient bouger fidèlement au signal, mais les vibrations peuvent causer des asymétries ou des mouvements parasites.

Impact :

Les basses fréquences peuvent manquer de précision, la scène sonore peut perdre en netteté, et du bruit peut s'ajouter. L'image sonore peut se brouiller, et le rendu sonore perd en précision.

7. **Perturbations acoustiques dans la pièce**

Problème :

Les vibrations issues des équipements ou du mobilier peuvent influencer l'acoustique de la pièce, provoquant des irrégularités dans la restitution des basses ou d'autres bandes de fréquences.

Impact :

L'équilibre acoustique se dégrade, et la musique peut paraître moins naturelle.

8. Usure et dommages des composants

Problème :

Des vibrations prolongées peuvent engendrer une usure mécanique à l'intérieur des appareils audio. Des soudures peuvent se desserrer ou se fissurer.

Impact :

La durée de vie des appareils diminue, et ils nécessitent plus souvent des réparations.

9. Effet de microphonie (Microphony)

Problème :

Dans certains composants électroniques (amplis à lampes, condensateurs), la vibration peut déclencher un effet microphonique, convertissant la vibration en signal audio. Par exemple, les vibrations de condensateurs ou d'inducteurs provoquent des distorsions dans le signal. Les problèmes de vibration s'avèrent particulièrement gênants pour le timing d'horloge, où ils peuvent causer des erreurs se répercutant dans toute la chaîne audio, jusqu'aux enceintes.

Impact :

Le son peut présenter des bruits « métalliques » ou « vibrants » indésirables.

10. Effet psychoacoustique

Problème :

Même si la vibration n'est pas toujours audible directement, elle peut avoir un impact psychoacoustique : l'auditeur ressent le son comme moins agréable ou moins satisfaisant.

Impact :

L'expérience d'écoute peut être moins immersive.

3 Introduction à l'amortissement par réservoir de billes

Les billes dans un réservoir offrent une excellente solution pour amortir les vibrations d'un système audio, pour plusieurs raisons. Elles exploitent efficacement les propriétés physiques et le comportement dynamique des matériaux pour l'amortissement.

Voici les principales raisons :

1. Convient pour augmenter la masse.

Pourquoi est-ce important ?

Augmenter la masse diminue la fréquence de vibration, car une structure plus lourde est moins sujette aux résonances.

2. Effet dispersif de l'énergie grâce aux billes en mouvement

Pourquoi est-ce important ?

L'énergie vibratoire est efficacement dispersée et absorbée quand les billes se déplacent

dans le sac, et que la friction mutuelle convertit une partie de l'énergie en chaleur.

3. Large bande de fréquences d'utilisation

Pourquoi est-ce important ?

Les vibrations dans les équipements audio peuvent se produire à des fréquences très variées, et un amortissement performant exige une efficacité sur plusieurs gammes de fréquences.

L'amortissement par billes n'ajoute rien de nouveau au signal, il évite seulement sa dégradation.

Les amortisseurs à réservoir de billes constituent une méthode efficace et abordable pour lutter contre les vibrations indésirables, qu'elles soient internes (appareil lui-même) ou externes (via le sol ou le mobilier).

Effets probables perçus à l'écoute : Précision accrue des basses, amélioration de la dynamique et de nouveaux détails musicaux. Les voix et instruments semblent plus naturels.

4 Principes théoriques

Le fonctionnement des amortisseurs à réservoir de billes est basé sur des phénomènes physiques fondamentaux, comme l'énergie vibratoire et sa conversion en chaleur. La solution s'inspire de multiples recherches scientifiques et articles.

Mots-clés pour les moteurs de recherche :

- Multi-unit particle dampers
- Multi-cavity particle dampers
- Multi-compartment particle dampers
- Multi-particle dampers
- Particle dampers
- Granular dampers
- Multi-unit granular dampers
- Shot dampers
- Bean Bag dampers

5 Principe de fonctionnement

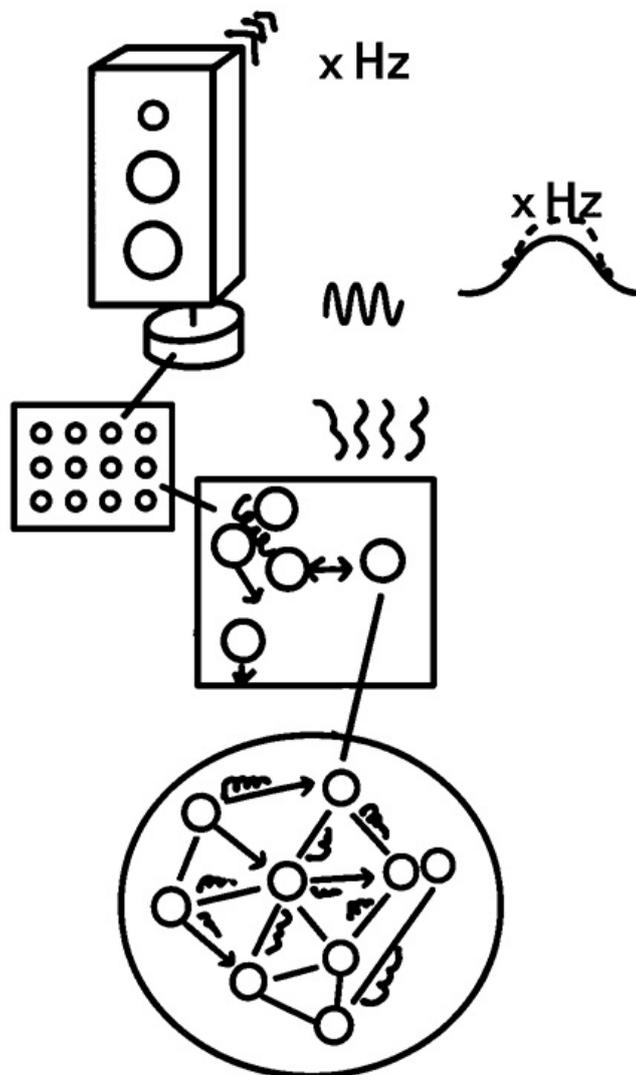
En termes physiques, il s'agit d'un oscillateur amorti et forcé (contre-oscillation) qui élimine les vibrations indésirables par l'intermédiaire d'un amortisseur à billes.

Cette contre-oscillation souhaitée dépend des paramètres indiqués (poids de l'objet à amortir, taille et qualité des billes).

S'il y avait trop de friction, l'amortissement serait immédiat. On préfère qu'il n'y ait pas trop de friction, afin que les billes laissent la masse supérieure vibrer librement et régulièrement, tout en s'atténuant rapidement si plus aucune énergie externe n'est transmise.

L'amortissement absorbe les vibrations et les convertit en chaleur lors des chocs et frottements entre les billes et les parois du réservoir. La dimension du réservoir doit être telle que la quantité de billes le remplisse entièrement. L'amortissement agit à 360 degrés : horizontalement et verticalement, dans toutes les directions.

En particulier, l'énergie cinétique des vibrations à la fréquence de résonance et aux fréquences voisines est convertie en chaleur par différents types de frottements.



Kuva 1: La vibration se transforme en chaleur.

Les collisions partiellement élastiques sont un phénomène courant dans de nombreux matériaux, tels que les métaux. Cela s'explique par le fait que les structures internes du matériau—atomes et molécules—ne sont pas parfaitement ordonnées, mais quelque peu désordonnées. Lorsque les billes se heurtent, leurs structures internes adoptent de nouvelles positions, ce qui transforme l'énergie interne en chaleur. L'apport d'une collision unique est faible, mais un grand nombre de collisions se produisent en permanence, en plus du frottement des billes entre elles.

Dans les haut-parleurs, et en particulier les caissons de basses, la force extérieure qui agit sur l'amortisseur est une vibration basse fréquence à haute énergie se produisant à la fréquence de résonance du haut-parleur ; cette vibration et les fréquences voisines sont amorties. L'amélioration sonore vient du fait que la pièce et son contenu ne se mettent pas à résonner—au moins pas via le sol—et n'affectent donc pas indirectement l'électronique audio.

En électronique, l'amélioration sonore résulte de l'isolation de l'appareil des vibrations externes provenant du dessous et de l'amortissement de la fréquence de résonance de l'appareil ainsi que des fréquences avoisinantes, empêchant leur effet néfaste sur les composants internes, par exemple le « chant » (microphonie) d'un condensateur. Il faut noter que les vibrations sont également transmises à l'appareil par les câbles.

6 Impact des amortisseurs à billes sur l'équipement

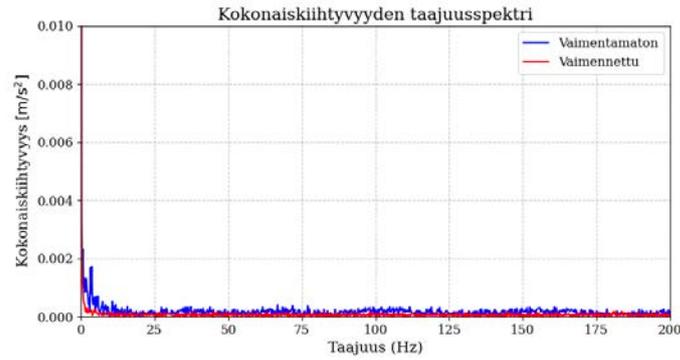
Dans les enceintes, l'amortissement influe positivement sur le cône, la bobine, l'aimant et éventuellement l'évent d'accord. De plus, les vibrations de l'enceinte ne peuvent plus perturber les appareils électroniques via le plancher ou le support audio.

Microphonie : Élimine le phénomène de microphonie, où certains composants électroniques (condensateurs, inducteurs, câbles) transforment des vibrations indésirables en distorsion du signal.

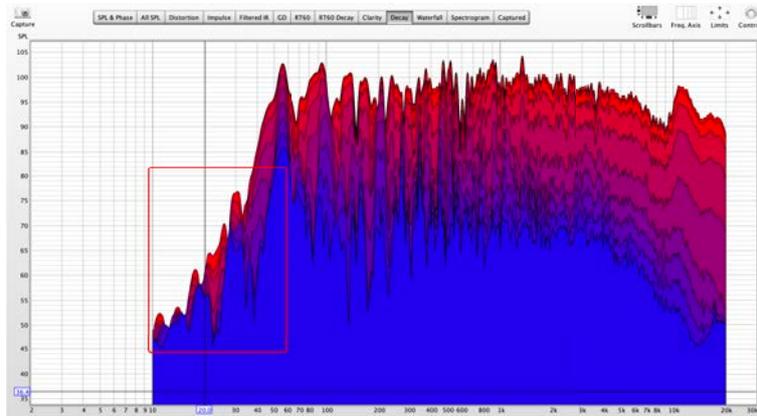
Réduit la vibration interne : Chaque appareil audio génère ou reçoit des vibrations indésirables. Grâce à l'amortisseur à billes, ces vibrations sont captées et converties en chaleur à l'extérieur de l'appareil.

6.1 Résultats de mesure

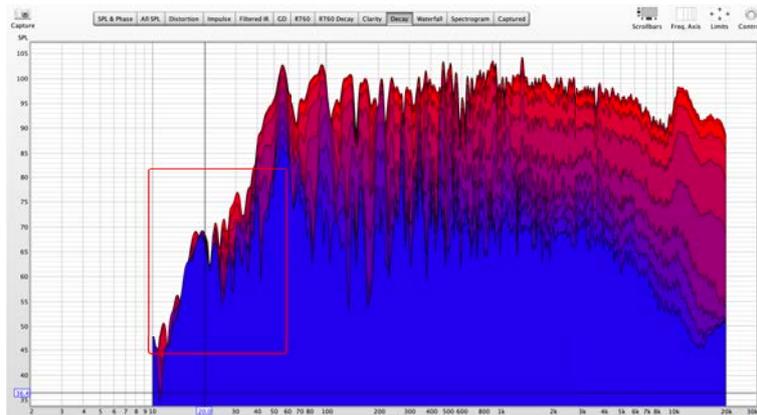
D'après les données de mesure, l'amortissement (figures 2 et 3) supprime surtout les pics dans le bas et le bas-médium, et accélère l'atténuation de quelques dB par rapport à la situation sans amortissement mécanique (figure 4). Les figures 2 et 3 montrent que la vibration nuisible est environ 1/20e de celle présente lorsque seules les pointes/les pieds standards du convertisseur DA sont utilisés. Des mesures via le logiciel REW indiquent le même résultat : la réverbération diminue particulièrement dans le grave, même si l'on observe un effet sur l'ensemble du spectre (figure 4).



Kuva 2: Effet des amortisseurs Hi-Fi Damping sur les vibrations du convertisseur RME ADI 2/4 Pro SE DA/AD.



Kuva 3: Diminution du retard : mesure REW avec micro, effet des amortisseurs Hi-Fi Damping sur les vibrations du RME ADI 2/4 Pro SE DA/AD.



Kuva 4: Sans amortissement : mesure REW avec micro, effet des amortisseurs Hi-Fi Damping sur les vibrations du RME ADI 2/4 Pro SE DA/AD.

7 Matériaux et accessoires

Pour fabriquer soi-même les réservoirs, tenir compte des éléments suivants :

- **Coton et cuir** : ne s'électrisent pas, à privilégier.
- **Tissu** : coton (ex. canvas) suffisamment résistant.
- **Cuir** : de préférence fin, pour qu'il soit flexible et cousu avec une machine standard.
- **Articles de couture** : aiguille cuir pour couture à la main, aiguille cuir coupante pour machine, fil nylon élastique, papier patron ou quadrillé, stylo marqueur, fermeture éclair, bande velcro.

Billes :

Des billes de précision brillantes, comme celles (4,5 mm ou 5,0 mm) pour carabines à air comprimé, se trouvent facilement et à prix modique.

Autre :

Balance numérique et récipient à bec verseur, car il est plus facile de doser la quantité de billes en poids qu'en nombre de pièces.

8 Choix des billes

N'utiliser que des billes usinées avec précision, à surface parfaitement lisse et brillante, de fabricants reconnus (ex. Gamo, Umarex, SwissArmy). Des billes plus petites nécessitent moins d'énergie pour se déplacer et procurent déjà une meilleure qualité sonore à des niveaux sonores plus bas.

1. Taille des billes

- **Billes petites (1–3 mm)** :
Offrent une forte densité et remplissent le récipient de manière homogène. Très efficaces pour amortir les vibrations fines et hautes fréquences.
- **Billes moyennes (4–8 mm)** :
Bon compromis entre petites et grosses billes. Assurent un amortissement efficace sur une large plage de fréquences.
- **Grandes billes (plus de 8 mm)** :
Plus adaptées pour les vibrations et chocs basse fréquence.

2. Matériau des billes

- **Billes en acier** : lourdes et résistantes, idéales pour la Hi-Fi.
- **Billes en acier inox** : résistantes à la corrosion.

- **Billes en plomb** : très lourdes, moins écologiques.
- **Billes en céramique** : plus légères, moins d'amortissement.
- **Billes en tungstène** : plus onéreuses, mais offrant la meilleure efficacité d'amortissement.

9 Fabrication des amortisseurs

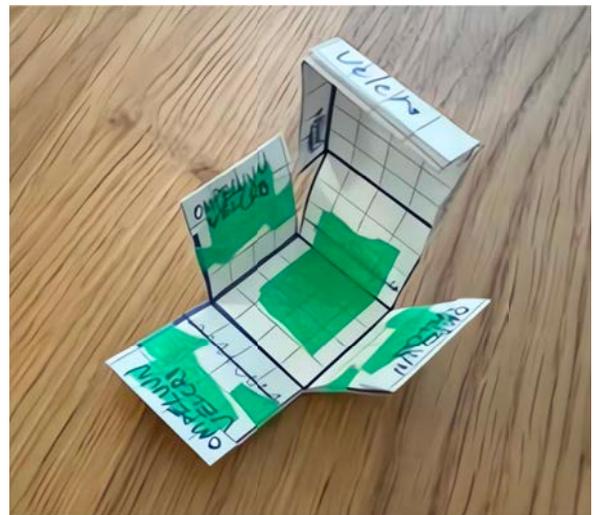
Grâce à l'application mobile **Hi-Fi Damping Calculator**, vous pouvez concevoir un amortisseur à billes adapté à votre équipement audio. L'application propose notamment :

- Sur la base du poids de l'appareil à amortir
- Nombre (et diamètre) des billes
- Dimensions d'un récipient individuel

Ensuite, vous pouvez fabriquer les récipients vous-même, les faire confectionner par un couturier ou acheter des sacs en coton ou en cuir fin, des cylindres, des cubes ou des boîtes aux bonnes dimensions. On peut également se procurer des boîtes en carton adaptées si, par exemple, la hauteur est cruciale pour une platine vinyle.



(a) Sac en cuir prêt et mesures



(b) Boîte personnalisée

Kuva 5: Mesures



(a) Accessoires

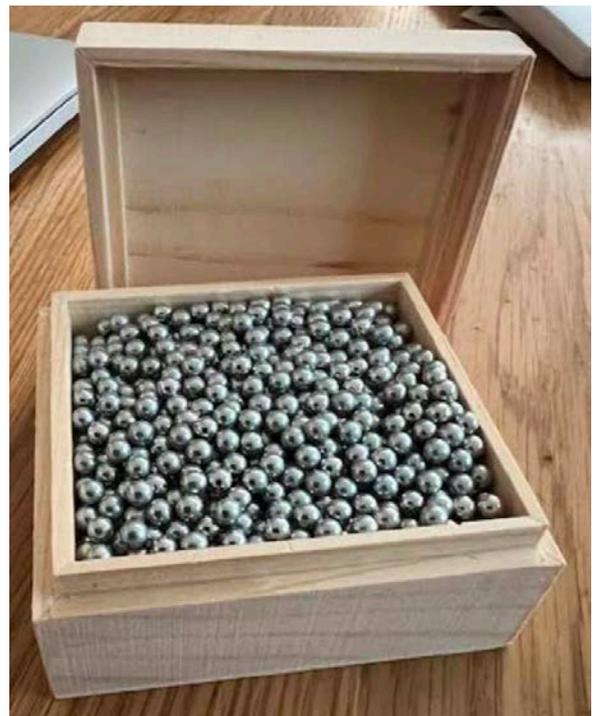


(b) Billes d'acier

Kuva 6: Matériaux

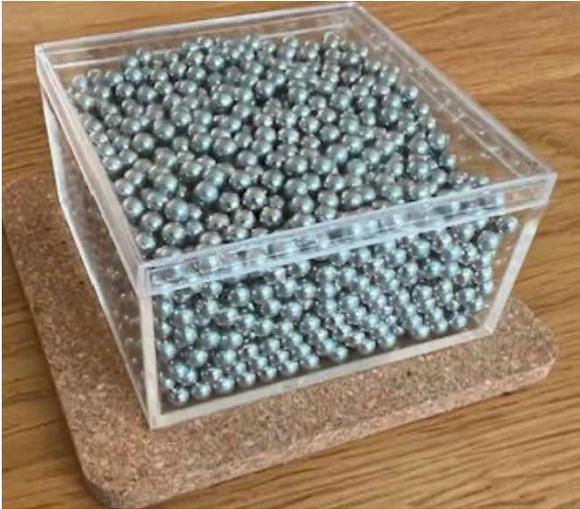


(a) Tube carton cylindrique, rempli de billes

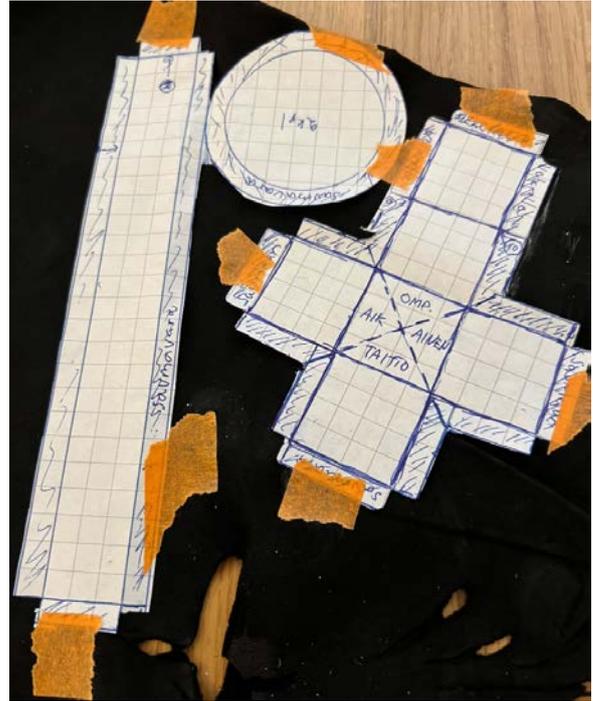


(b) Coffret rectangulaire en bois, rempli de billes

Kuva 7: Divers récipients



(a) Boîte en plastique, remplie de billes



(b) Patrons prêts à être découpés

Kuva 8: Divers récipients et patrons



(a) Bourse en cuir



(b) Petit sac « sucre » en cuir

Kuva 9: Sacs en cuir



(a) Coffrets en bois



(b) Coffrets en bois

Kuva 10: Coffrets en bois de différentes formes



(a) Boîtes en carton noires



(b) Boîtes en carton claires

Kuva 11: Boîtes en carton, que l'on peut trouver en ligne avec les mots-clés boîte cadeau, boîte à bijoux ou boîte en carton

La figure 12a montre deux cylindres en cuir, opposés et empilés. Celui utilisé comme couvercle a un diamètre supérieur de 2 mm à celui de la base. On place la quantité de billes correcte dans la pièce de base ; on découpe les deux morceaux à la même longueur, puis on glisse le cylindre-couvercle par-dessus, formant ainsi des parois doublées et un patin cylindrique. La fabrication est simple, il est facile à caler et peut être aussi esthétique que souhaité, tant qu'on utilise un cuir souple d'env. 1 mm d'épaisseur.



(a) Boîte en cuir, remplie de billes



(b) Boîte en cuir

Kuva 12: Boîtes en cuir

9.1 Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir

Voici les instructions pour fabriquer un patin cylindrique en cuir :

1. Figure 13a : Découpez selon les dimensions intérieures obtenues via l'application mobile les deux pièces cylindriques. Le diamètre du couvercle doit être 2 mm plus grand que celui de la base.
2. Figure 13b : Cousez les cylindres à l'envers.
3. Figure 14a : Retournez les deux cylindres pour que la face externe soit à l'extérieur.
4. Figure 14b : Prenez le plus petit cylindre, celui de la base.
5. Figure 15a : Remplissez-le avec la quantité de billes fournie par l'application, et raccourcissez-le si nécessaire aux ciseaux pour correspondre à la hauteur de la charge de billes.
6. Figure 15b : Au besoin, raccourcissez aussi le cylindre du couvercle et glissez-le par-dessus la base, formant ainsi :
7. Figure 16a : Un réservoir de billes en cuir, prenant la forme d'un patin.

Il est tout à fait possible d'utiliser du tissu en toile de coton. En cas d'utilisation de cuir comme sur les photos, employer un cuir souple d'environ 1 mm d'épaisseur.



(a) Étape 1



(b) Étape 2

Kuva 13: Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir. Sur la photo, un prototype assemblé avec une agrafeuse. Dans la version finale, il est conseillé d'utiliser une machine à coudre (aiguille pour cuir) ou de coudre à la main.



(a) Étape 3



(b) Étape 4

Kuva 14: Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir



(a) Étape 5



(b) Étape 6

Kuva 15: Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir



(a) Étape 7

Kuva 16: Processus de fabrication d'un patin cylindrique en cuir

10 Installation et applications d'utilisation des amortisseurs

Toujours isoler d'abord les sources de vibration les plus fortes : enceintes, subwoofers, résonateurs à évent (Helmholtz).

- **Situation du sol :**
 - Un parquet flottant peut vibrer, d'où l'importance du découplage.
 - Si le sol est massif, l'effet est moindre et un couplage ferme peut parfois être préférable.
- **Stabilité vs. isolation pour les enceintes :**
 - Les amortisseurs sous l'enceinte influent la hauteur.
 - Trouver un équilibre entre stabilité et isolation.
- **Microvibrations internes dans les appareils audio :**
 - Installer 3–6 amortisseurs directement au châssis inférieur.
 - Répartir équitablement le poids de l'appareil sur les amortisseurs.
- **Combinaison de plusieurs matériaux :**
 - On peut employer différents matériaux de remplissage dans plusieurs sacs, ciblant ainsi différentes bandes de fréquences.
- **Amortissement des câbles :**
 - Les amortisseurs à billes ne sont généralement pas adaptés aux câbles, la masse de ceux-ci étant faible.

“The signal used by your system, be it digital or analog, through tube or solid state, is always alternating current...”

(Source : <https://www.cardas.com/deep-dive>)

10.1 Appareils légers

Sous l'appareil, il faut disposer des amortisseurs à réservoir de billes contenant la quantité de billes définie par l'appli, sans autre forme d'amortissement (les pieds d'origine de l'appareil ne sont pas utilisés), sauf pour les enceintes, qui ont souvent leurs propres pieds assurant la stabilité.

En outre, il est conseillé dans presque tous les cas d'ajouter sur le dessus de l'appareil différents matériaux granulaires afin d'élargir la gamme de fréquences amorties, car il existe d'autres vibrations que la seule fréquence de résonance principale de l'appareil (vibrations issues des structures, de l'air, des câbles ou générées en interne par l'électronique).

Sur le dessus de l'appareil, notamment les électroniques audio légères, on peut placer des sacs ou coffrets remplis de divers granulats (billes de différentes matières, sable, granulé de caoutchouc technique, poudre. . .). Il n'est pas nécessaire de les mélanger dans un même contenant, on peut séparer chaque matériau dans des récipients différents.

- Des récipients séparés peuvent mieux répartir la masse, ce qui aide parfois à l'équilibre de la structure.
- **Dynamique des chocs et de la friction**
 - Si des particules de tailles ou de densités différentes sont **dans le même récipient**, elles peuvent aussi entrer en collision les unes avec les autres, produisant un phénomène d'amortissement souvent efficace (augmentation de l'entropie, dispersion de l'énergie).
 - Si différents types de particules sont **dans des récipients séparés**, elles n'interagissent pas directement, et chaque récipient agit comme un canal d'amortissement à part. On peut concevoir chaque récipient pour se compléter.
- **Mélange, compactage et ségrégation**
 - Des particules de tailles ou de masses différentes peuvent **se ségréger** dans un récipient en mouvement (les plus grosses/plus lourdes descendent, les plus légères remontent). Cela peut être utile ou non selon les cas. Parfois, cette ségrégation accroît la friction, parfois elle gêne.
 - **Dans des récipients séparés**, on évite une ségrégation indésirable ou on la gère plus facilement (chaque récipient ne contenant qu'un type de particules).
- **Couverture de bandes de fréquences**
 - L'idée est que chaque type de matériau/particule soit « optimisé » pour amortir

certaines vibrations (ex. billes d'acier lourdes pour de fortes amplitudes, particules plus légères ou plus rugueuses pour de petits mouvements).

- **Mélangés dans un même récipient**, les effets sont larges mais plus difficiles à prévoir.
- **Dans différents récipients**, on peut régler indépendamment la géométrie (taille, forme) et les propriétés du matériau, pour cibler des gammes de vibrations particulières. Ainsi, on obtient un amortissement multi-fréquence plus maîtrisé.

Placer plusieurs amortisseurs variés au-dessus augmente aussi la masse globale de l'appareil et lui confère plus de stabilité.

Pour la masse additionnelle, on peut utiliser du sable de désert, formé naturellement en grains arrondis et réguliers, idéal pour alourdir des appareils légers tout en absorbant un large spectre de vibrations.



Kuva 17: Sable ajoutant de la masse, dans un étui en cuir noir

11 Test de l'efficacité

En plus de l'écoute, on peut constater les changements par exemple avec l'appli Vibration meter.

Tester avant l'amortissement et après l'avoir installé :

- Comparer les mesures avec le même extrait musical et le même volume sonore.
- Mesurer au-dessus de l'appareil, au sol, sur l'étagère, etc.

11.1 Logiciel REW

Le logiciel gratuit **REW** (Room EQ Wizard) permet de comparer avant-après.

- Mesure THD (distorsion harmonique totale) et THD+N.
- Une distorsion plus faible indique un découplage et un amortissement efficaces.
- REW ne dit pas à quel point le son est « agréable » — cela reste subjectif.



Kuva 18: Mesures avec l'analyseur temps réel (RTA) du logiciel REW

11.1.1 Measurement Info: SNR (Signal-to-Noise Ratio)

Le SNR indique la puissance du signal par rapport au bruit de fond. Les amortisseurs peuvent réduire la vibration mécanique et donc le bruit de fond, améliorant le SNR.

11.1.2 Measurement Info: SDR (Signal-to-Distortion Ratio)

Le SDR décrit le rapport entre le signal et la distorsion harmonique. Les amortisseurs peuvent réduire la distorsion harmonique due aux résonances et vibrations.

11.1.3 Clarity: C80 (Music Clarity Index)

Le C80 reflète la clarté musicale, en examinant la proportion d'énergie sonore atteignant l'auditeur dans les 80 premières millisecondes par rapport à l'énergie plus tardive.

Les amortisseurs peuvent améliorer le C80 en réduisant les réflexions et résonances causées par les vibrations.

11.2 Interprétation des résultats de Vibration meter

- **Peak** : Valeur maximale de vibration.

- **RMS (Root Mean Square)** : Valeur moyenne de la vibration dans le temps.
- **Fréquences** : Comment les différentes fréquences (ex. registre grave) influent-elles sur la vibration ?

Les pics (Peak) diminuent-ils ? Le RMS baisse-t-il ? Les changements sur les basses fréquences (20–200 Hz) sont souvent importants quand l'amortissement est efficace.

12 Témoignages d'utilisateurs

« Après avoir écouté plusieurs jours de la musique dans différents genres (jazz, bluegrass, indie, blues) avec des disques très familiers, j'ai constaté ce qui suit : »

- Plus de détails / d'articulation.
- Plus de présence.
- La musique est reproduite plus proprement, sans distorsion, on a parfois envie d'augmenter le volume.
- Le son est plus chaleureux et plus riche en détails, grâce à la reproduction sans résonances.
- La différence est énorme, je ne pourrais plus me passer de ces amortisseurs !
- Le plaisir d'écouter de la musique a atteint un nouveau palier, car de vieux enregistrements familiers révèlent de nouvelles subtilités.